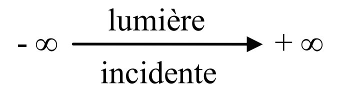
FORMULAIRE D'OPTIQUE PARAXIALE.

I : Marche des rayons en optique de Gauss.

1°) Classification des systèmes centrés.

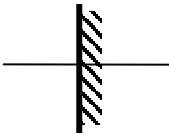
➢ **Convention.**

☞ Sauf indications contraires explicites, on considérera toujours que la **lumière incidente vient de la gauche** :

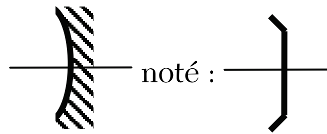


➢ **Les miroirs.**

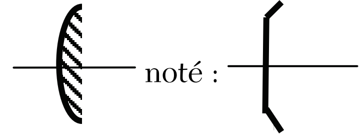
Miroir plan



Miroir sphérique concave

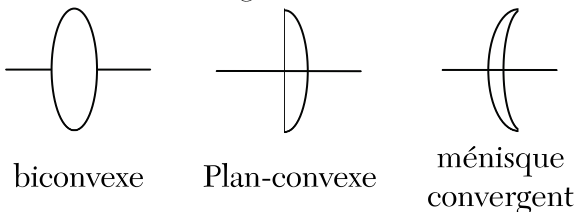


Miroir sphérique convexe

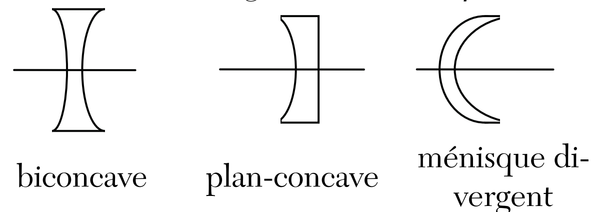


➢ **Les lentilles.**

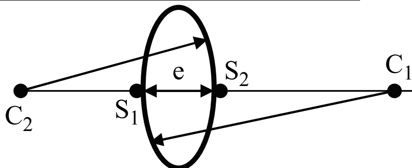
Lentilles convergentes (à bords minces)



Lentilles divergentes (à bords épais)



Le modèle des lentilles minces :



On suppose que : $\begin{cases} e \ll |S_1C_1| \\ e \ll |S_2C_2| \\ e \ll |S_1C_1 - S_2C_2| \end{cases}$

lentille mince *convergente* :

lentille mince *divergente* :

☞ Un dioptre est **convergent** si son centre appartient au milieu **le plus réfringent**.

➢ **Les systèmes catadioptriques.**

On appelle système catadioptrique tout système optique composé de dioptres (formant une ou plusieurs lentilles) et d'un miroir (plan ou sphérique)

2°) Les éléments remarquables des systèmes centrés.

On nomme système centré tout système optique **invariant par rotation autour d'un axe** appelé axe optique, noté en général Δ. Δ est aussi dit axe principal.

➢ **Centre optique.**

On appelle centre optique le point d'intersection avec l'axe optique d'un rayon qui n'est pas dévié par le système optique.

➢ **Foyers principaux.**

Foyer principal image F' = point image ∈ axe optique d'un point objet à l'infini sur l'axe optique.

Foyer principal objet F = point ∈ axe optique donnant un point image à l'infini sur l'axe optique.

Un système optique est dit **afocal** si les deux foyers F et F' sont rejetés à **l'infini**.

➢ **Plans focaux.**

Plan focal image = plan de front (c'est-à-dire ⊥ l'axe optique) contenant le foyer principal image F'.

Plan focal objet = plan de front (c'est-à-dire ⊥ l'axe optique) contenant le foyer principal objet F.

➢ **Foyers secondaires.**

On appelle **foyer secondaire** image (ou objet) tout point hors de l'axe optique du plan focal image (ou objet).

3°) Principe des constructions en optique de Gauss.

Les *conditions de Gauss* permettent de réaliser simultanément les conditions de **stigmatisme approché** et **d'aplanétisme approché**, conditions fondamentales pour la formation des images par tout système optique.

Elles supposent d'opérer avec des **rayons peu inclinés sur l'axe optique** et des **hauteurs de rayons faibles devant les rayons de courbure** des dioptres du système optique. C'est pourquoi on parle d'optique paraxiale car les rayons sont proches de l'axe optique.

Les constructions géométriques se font en utilisant un ou plusieurs rayons auxiliaires en exploitant les propriétés suivantes :

1. Les rayons émergents et incidents sont confondus s'ils passent par le centre optique.

2. Tout rayon incident // l'axe optique émerge en passant réellement ou virtuellement par le foyer principal image F'

3. Tout rayon passant réellement ou virtuellement par le foyer principal objet F émerge // l'axe optique.

4. En optique de Gauss, l'image d'un objet plan dans un plan de front est plane, elle aussi dans un plan de front (c'est la condition d'aplanétisme).

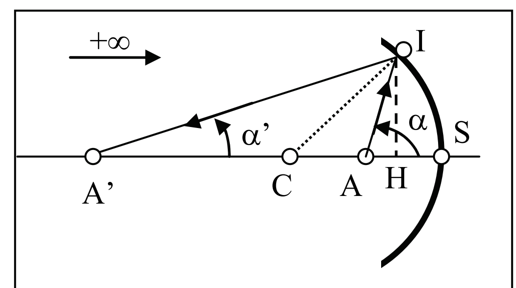
5. L'image d'un faisceau incident de rayons parallèles entre eux, mais incliné par rapport à l'axe optique est située dans le plan focal image, hors de l'axe optique.

6. L'image d'un faisceau divergent issu d'un point objet hors de l'axe optique situé dans le plan focal objet est rejetée à l'infini hors de l'axe optique (donc donnant un faisceau de rayons // entre eux,mais incliné sur l'axe optique).

II : Relations propres aux miroirs sphériques.

1°) Relations de Descartes.

On note S le sommet du miroir et C son centre. On établit les différentes formules ci-dessous en écrivant que dans l'approximation de Gauss, ***on peut confondre H et S***, ce qui revient à considérer les angles α et α' petits, de façon à pouvoir écrire : $\begin{cases} \sin(\alpha) \approx \tan(\alpha) \approx \alpha \\ \cos(\alpha) \approx 1 \end{cases}$.



Avec origine au sommet		***Avec origine au centre***
$\frac{1}{\overline{SA}}+\frac{1}{\overline{SA'}}=\frac{2}{\overline{SC}}$	Formule de conjugaison	$\frac{1}{\overline{CA}}+\frac{1}{\overline{CA'}}=\frac{2}{\overline{CS}}$
$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=-\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$	Formule de grandissement	$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}$

On déduit de ces relations de conjugaison la ***position des foyers*** : $F \equiv F'$, avec $f=\overline{SF}=\frac{\overline{SC}}{2}$.

➢ **Vergence d'un miroir sphérique.**

On note $R=\overline{SC}$ le rayon algébrique du miroir sphérique.

On appelle **vergence** du miroir, la quantité notée **V** : $V=-\frac{1}{\overline{SF}}=-\frac{2}{\overline{SC}}$.

 L'unité S.I de vergence est le ***m⁻¹*** ou ***dioptrie*** (symbole δ).

Un miroir **concave** est **convergent** (**V > 0**), alors qu'un miroir **convexe** est **divergent** (**V < 0**).

2°) Relations de Newton.

Les relations de Newton sont des relations de conjugaison et de grandissement avec origines doubles aux foyers.

Relation de conjugaison :	$\overline{FA}.\overline{F'A'}=f^2$
Relation de grandissement :	$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=-\frac{\overline{F'A'}}{\overline{SF}}=-\frac{\overline{SF}}{\overline{FA}}$

3°) Cas du miroir plan.

Un miroir plan peut être considéré comme un miroir sphérique dont le centre (et par conséquent le foyer F) est rejeté à l'infini.

 Le miroir plan est un système optique **afocal** ; sa **vergence est nulle**.

C'est par ailleurs le seul système optique **rigoureusement stigmatique et aplanétique** pour tout point de l'espace, **même en dehors de l'approximation de Gauss**.

III : Relations propres aux lentilles minces.

1°) Focale et vergence d'une lentille mince.

➢ Une lentille est l'association de deux dioptres de même axe, de sommets S_1 et S_2 et de centres C_1 et C_2. Les indices des milieux extrêmes sont supposés identiques et on note *n* l'indice relatif du matériau entre les deux dioptres par rapport aux milieux d'entrée et de sortie. Soit O le centre optique de la lentille.

 Pour une **lentille mince**, on a : $S_1 \cong S_2 \cong O$.

Le plan ⊥ l'axe optique passant par O définit le **plan de la lentille**.

➢ **Distances focales ; vergence d'une lentille mince.**

On note : $\begin{cases} f=\overline{OF} \\ f'=\overline{OF'} \end{cases}$, appelées : f distance focale objet / f' distance focale image. (f' parfois appelée « focale »).

Dans le cas où les milieux extrêmes sont identiques, on a : $\boxed{f=-f'}$.

On appelle **vergence** d'une lentille la quantité : $\boxed{V=\frac{1}{f'}=-\frac{1}{f}}$.

Pour une lentille **convergente** : $\boxed{V>0}$ et pour une lentille **divergente** : $\boxed{V<0}$.

☞ On peut montrer (relation hors programme !) que la focale d'une lentille s'écrit :

$$\boxed{\frac{1}{f'}=(n-1)\left[\frac{1}{\overline{S_1C_1}}-\frac{1}{\overline{S_2C_2}}\right]}$$

2°) Relations de conjugaison et de grandissement.

Formules de Newton	B, A, F, O, F', A'	***Formules de Descartes***
$\overline{FA}.\overline{F'A'}=-f'^2$	***Relation de conjugaison***	$\frac{1}{\overline{OA'}}-\frac{1}{\overline{OA}}=\frac{1}{f'}$
$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=-\frac{\overline{F'A'}}{f'}$	***Relation de grandissement***	$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

3°) Associations de lentilles minces.

➢ **Cas de deux lentilles minces accolées.**

En optique paraxiale, l'association de deux lentilles minces ***accolées*** et de ***même axe***, de vergences V_1 et V_2 est équivalente à une seule lentille mince de vergence $\boxed{V=V_1+V_2}$. (résultat connu sous le nom du ***théorème des vergences***).

➢ **Cas d'un doublet de lentilles minces non accolées.**

Un « doublet » est un système centré constitué de deux lentilles minces de même axe optique, dont les centres optiques O_1 et O_2 sont distants de e ($e=\overline{O_1O_2}$).

Tout doublet peut être symbolisé par **trois nombres entiers (m, n, p)** tels que :

$$\boxed{\frac{f_1'}{m}=\frac{e}{n}=\frac{f_2'}{p}}.$$

Par convention, **n est toujours positif** mais **m** ou **p** peuvent être **positifs** ou **négatifs**.

La distance $\boxed{\Delta=\overline{F_1'F_2}}$ est appelée **l'intervalle optique** du doublet.

☞ De tels doublets constituent en pratique les **oculaires** utilisés dans les différents instruments d'optique (lunette astronomique, microscope, …).

Citons par exemple deux oculaires fréquemment utilisés :

- **l'oculaire de Huygens** ou doublet $\boxed{(3,2,1)}$,
- **l'oculaire de Ramsden** ou doublet $\boxed{(3,2,3)}$.